

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-062882

(43)Date of publication of application : 12.03.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 7/207

(21)Application number : 03-221524

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 02.09.1991

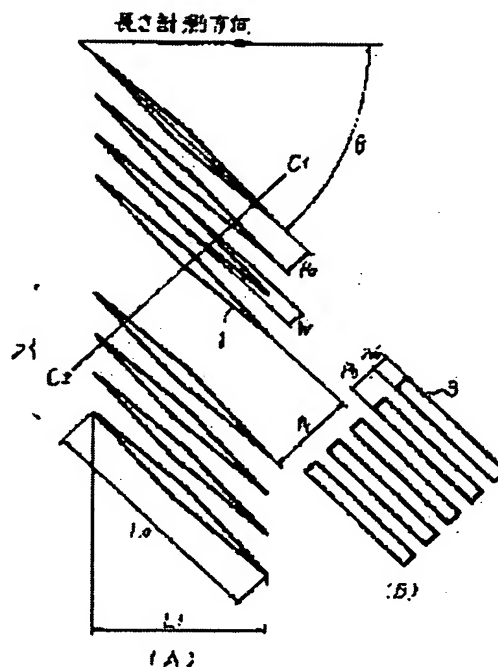
(72)Inventor : HIRUKAWA SHIGERU
TATENO HIROTAKA

(54) MEASURING METHOD FOR FOCUSING POSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure a best focus of an image of a linear pattern elongated in all directions and to measure a curve of an image surface, an astigmatism mount, etc., by inclining the longitudinal direction of the pattern by a predetermined angle with respect to a direction for measuring a length.

CONSTITUTION: An image of a pattern 1 formed on a mask is transfer-exposed on a photosensitive substrate through a projection optical system, and at least one focal point position in an image surface of the system is obtained based on the length of the image of the transferred pattern 1. In a method for measuring such a focal point position, the pattern 1 is linear in which the widths of lines are continuously or stepwisely varied, and the longitudinal direction of the pattern 1 is inclined by a predetermined angle θ with respect to a direction for measuring a length. For example, the pattern 1 is formed by disposing a plurality of patterns at a predetermined pitch P_0 in a direction perpendicular to the longitudinal direction, and the pitch P_0 substantially coincides with the pitch of an original pattern to be transferred onto the substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other
than the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3230094

[Date of registration] 14.09.2001

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the focal location measuring method which carries out imprint exposure of the image of the pattern formed on the mask on a sensitization substrate through projection optics, and asks for the focal location of at least one point within the image surface of said projection optics based on the die length of the image of said imprinted pattern It is the focal location measuring method which is the straight-line-like thing from which line breadth changes continuously [said pattern] or gradually, and is characterized by only the predetermined include angle inclining to the direction where the longitudinal direction of said pattern measures said die length.

[Claim 2] It is the focal location measuring method according to claim 1 which two or more said patterns are arranged with a predetermined pitch in the direction which intersects perpendicularly with said longitudinal direction, and is characterized by this pitch being mostly in agreement with the pitch of the original pattern which should be imprinted on said sensitization substrate.

[Claim 3] Said include angle toward which said pattern inclines is a focal location measuring method according to claim 1 characterized by responding in the direction of the pattern which should measure said best image formation side.

[Claim 4] Said pattern is a focal location measuring method according to claim 1 characterized by being arranged in parallel and perpendicularly to the radiation direction to the field where said pattern exists from this zero by making into a zero the point which the optical axis of this optical system in the projection field of said projection optics passes.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is for inspecting the precision of the projection mold aligner especially used for the lithography process for manufactures, such as a semiconductor device, about measurement of the best image formation location of projection optics.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, there was the approach of measuring the magnitude of the pattern image which carried out projection exposure of the pattern of a predetermined configuration, and was formed on this sensitization substrate on the sensitization (changing focal location) substrate in two or more locations of the direction of an optical axis of projection optics, for example, the line breadth of a straight-line-like pattern, using a scanning electron microscope etc. in measurement of the best image formation location (best focus). This imprints on a substrate Rhine [of 1:1] - and - tooth-space pattern which were arranged in the predetermined pitch, and measures the line breadth of the imprint image in two or more focal locations. And the rate of the line breadth change by focal change is calculated from the result. And it was asking for the focal location where line breadth change is the smallest as a best focus before and behind that.

[0003] Moreover, the pattern image was formed on the sensitization substrate, changing a focal location using the photo mask with which Rhine - and - tooth-space pattern with two or more kinds of line breadth were prepared, the focal location which is resolving even the most detailed pattern was observed using the optical microscope etc., and the location was made into the best focus. Furthermore, there is also an approach which was indicated by JP,1-187817,A etc. This forms the pattern image 8 of a configuration as changed a focal location and shown in drawing 4 on a sensitization substrate, and measures die-length L of this pattern image using the alignment system of a configuration of scanning a light beam on a pattern and detecting the diffracted light from a pattern. And this die-length L asks for the focal location which becomes the longest as a best focus.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the approach of measuring line breadth using the above-mentioned scanning electron microscope could measure the pattern line breadth of all directions with high precision, since it needed to exhaust equipment, it had the problem that measurement took time amount. Moreover, although it was possible to have observed whether the approach using an optical microscope is resolved about the pattern image of all directions, too, time amount is long and there was a trouble of being easy to generate the individual difference by the operator, this top.

[0005] In the approach indicated by JP,1-187817,A etc., the best focus of the pattern image with which the longitudinal direction has been arranged in the direction parallel to the measurement direction of the die length of a pattern image could be measured, and the result has taken correspondence well with the best focus of the image of Rhine - prepared in the almost parallel almost same line breadth and pitch as the pattern image which measured die length, and - tooth-space pattern. In the above-mentioned approach, since alignment optical system is diverted as an example of the measurement means of die length, the measurement direction of the die length of a pattern image turns into the measurement direction of alignment optical system. That is, if the scanning directions of the light beam of alignment optical system are X and the direction of Y when

each axis of coordinates of the X-axis and a Y-axis is set up in an image formation side by making into a zero the point which the optical axis of projection optics passes, the measurement directions of a pattern are also X and the direction of Y.

[0006] now, when the die length of for example, a pattern image was measured, and it is going to ask for the best focus of the pattern and is going to measure the curvature of field and the amount of astigmatism of projection optics from the result, it is necessary to search for the difference of the best focus of the image (S image) of the sagittal direction of projection optics, and the best focus of the image (M image) of the meridional direction here In this case, since each longitudinal direction of the pattern image of each above-mentioned axis of coordinates which exists in the field on a shaft mostly of that S image and M image corresponded with the measurement direction, it was convenient to measurement of the amount of aberration. However, even if it measures the die length of the pattern image whose longitudinal direction of the corresponded with the measurement direction in four corners in an exposure field, these pattern images receive in the sagittal direction and the meridional direction of projection optics, and 45 degrees also of gaps also incline, for example. That is, the best focus measured became the average thing of S image and M image, and the difference was not produced between two best focuses, but measurement of the amount of astigmatism was impossible.

[0007] Moreover, when the pattern which inclined to the measurement direction of die length in the photo mask existed, the best focus of the image of this pattern was not able to be measured depending on measuring the conventional pattern image. This invention aims at enabling measurement of aberration, such as a curvature of field of projection optics, and the amount of astigmatism, from the best focus of a pattern image while it enables measurement of the best focus about the image of the straight-line-like pattern extended in all the directions.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Imprint exposure of the image (1, 4, 7) of the pattern formed on the mask (R) is carried out on a sensitization substrate (W) through projection optics (15). In the focal location measuring method which asks for the focal location of at least one point within the image surface of projection optics (15) based on the die length of the image (1, 4, 7) of the imprinted pattern A pattern (1, 4, 7) is a straight-line-like thing from which line breadth changes continuously or gradually, and the longitudinal direction of a pattern (1, 4, 7) presupposed that only the predetermined include angle inclines it to the direction which measures die length.

[0009]

[Function] Since the longitudinal direction of the pattern image which is a candidate for measurement is leaned to a predetermined include angle to the measurement direction of the alignment system used for measurement of the die length of a pattern image in this invention, the best focus of the pattern image of the direction of arbitration is measurable. It becomes possible to measure the best focus of **** which arranges the pattern for measurement in the direction which balanced S image of projection optics, and M image especially, S image, and M image.

[0010]

[Example] Drawing 5 is drawing showing the rough configuration of a suitable aligner to apply the approach by the 1st example of this invention. The light source 11 generates illumination light of wavelength (exposure wavelength) which exposes a resist, and this illumination light results in the 2nd condenser lens 14 through a shutter 13, after passing along the 1st condenser lens 12. A photo mask (reticle) R is illuminated by homogeneity by this 2nd condenser lens 14. both sides or a single-sided tele cent -- the rucksack projection optics 15 reduces the image of the pattern drawn on Reticle R to 1/5 or 1/10, and projects it on the sensitization substrate (wafer) W with which the image was applied to the resist. Wafer W is laid on Z stage 16, and is movable in the direction of an optical axis of projection optics 15.

[0011] Now, this aligner has various alignment optical system as equipment for performing alignment (alignment) of Reticle R and Wafer W. There is a laser step alignment system 20 of a TTL (through THE lens) method as one of them. This alignment system 20 irradiates spot light (sheet beam) through Mirrors 20a and 20b and projection optics 15 at the pattern for alignment (diffraction-grating pattern) formed on Wafer W, receives the diffracted light (or scattered light) from this pattern, and carries out photoelectrical detection. Based on this photoelectrical signal and the

position signal of the wafer W from non-illustrated location detection equipment, the location of the direction of Y of the pattern for the alignment on Wafer W is detected. In addition, the alignment system 20 is for detecting only the location of the direction of Y of Wafer W, and the alignment system for detecting the location of the direction of X in fact is arranged similarly. Only mirror 21a of the alignment system 21 for the direction detection of X corresponding to mirror 20a for the direction detection of Y is shown in drawing 5. In the example of this invention, the straight-line-like pattern from which line breadth changes continuously or gradually is imprinted on a wafer with two or more focal locations, and the diffracted light from a pattern is detected using the above-mentioned alignment optical system. And the die length of a pattern is found from the photoelectrical signal by the diffracted light, and let the focal location where the die length of a pattern becomes the longest be the best focus of projection optics.

[0012] Drawing 1 is drawing showing the configuration of the pattern which is the candidate for measurement of the image formation location measuring method by the 1st example of this invention. a reticle top -- the die length of a longitudinal direction -- L0 it is -- the pattern 1 of the rhombus whose crosswise die length is W -- the cross direction -- pitch P0 the pattern group 2 which two or more arrangement is carried out and consists of the pattern 1 of these plurality -- the same -- the cross direction -- mutual -- spacing P1 It is had and arranged. Furthermore, the straight line of each pattern 1 in these pattern group 2 to which only the include angle theta inclines to the direction which measures the die length of the pattern shown by the arrow head, and the longitudinal direction of the pattern connects the edge of each pattern 1 corresponds in the direction perpendicular to the measurement direction of die length mostly. On this reticle, it is line breadth W0. 1:1line- and -tooth-space pattern 3 are a pitch P0. And only an include angle theta inclines to the measurement direction of die length like a pattern 1, and it arranges near the pattern group 2. However, this pattern 3 is not used for measurement of the best focus using the scanning electron microscope which is the conventional measuring method, and does not serve as a configuration of this invention. Moreover, pattern group 2 comrade's spacing P1 P0 It considered as the integral multiple.

[0013] Here, the include angle theta which makes a pattern incline is explained a little. What is necessary is for the include angle which makes a pattern incline to be the location of the arbitration in the maximum exposure field of projection optics, and just to determine it as arbitration according to the direction which wants to measure a best focus. However, in measuring the astigmatism of projection optics, it determines in the following ways. The longitudinal direction of the pattern which should be measured is arranged so that it may be mostly in agreement in the radiation direction (the sagittal direction) to the location where a pattern is arranged from the core in the maximum exposure field of projection optics centering on the location along which the optical axis of projection optics passes, and the direction (the meridional direction) perpendicular to the radiation direction. That is, the pattern in the location of the arbitration which wants to measure a best focus is S image and M image of projection optics. The amount of aberration should just search for the difference of the best focus location of this S image and M image. That is, the longitudinal direction of a pattern should just make theta parallel and an include angle which becomes perpendicular to the radiation direction from an optical axis whenever [tilt-angle / of the pattern in this case].

[0014] Since the pitch of Rhine - and - tooth-space pattern 3 and the pitch of a wedge pattern are made equal in the case of this invention, as for the direction (angle of diffraction) which the diffracted light generates, the case from which pattern also becomes equal. Therefore, also when aberration etc. remains in projection optics, there is an advantage that the effect of change of the best focus by aberration becomes almost equal also in which pattern, and the measurement error by aberration becomes small. Furthermore, the die length L0 of a pattern 1 By lengthening, it is cross-section C<SUB>1 C2 to drawing 1. The number of the patterns of a perpendicular direction increases to the longitudinal direction of the pattern 1 as shown, and if this number is the same number mostly with the number of Rhine - and - tooth-space patterns 3, it is effective in the attitude (an angle of diffraction, quantity of light ratio) of the diffracted light approaching a pattern 3.

[0015] A development is exposed and carried out, changing a focal location on the wafer which applied POJIREJISUTO for the above pattern groups 2 on the silicon substrate. Then, it is the measurement lay length L1 of the pattern 1 of each focal location with an approach as shown in JP,1-187817,A etc. It measures and is the die length L1 of a pattern. It asks for the focal location used as

max by approximation, and let the focal location be a best focus.

[0016] By the way, in case the die length of the pattern image exposed in each focal location is measured, the pattern image may have disappeared about that whose amount of gaps from a best focus is too large. In such a case, as a measurement error, there shall just be no information about the die length of the pattern image in the focal location. However, when the residue of a resist is on a substrate, a measurement system amplifies a signal according to it, and may be measured with a value longer than the die length of the pattern image on the wafer decided from the die length of the pattern on an original reticle. What is necessary is just to judge the measurement result to be invalid, when the die length of the pattern image on a wafer exceeds the predetermined value decided from the die length of the pattern on a reticle, in order to prevent this. Measurement lay length L1 of the inclined pattern 1 as indicated to be measurement lay length L of the pattern 8 as shown in drawing 4 to drawing 1 at this time. If you make it become equal, the maximum of the die length of a pattern can be arranged and it is convenient.

[0017] Although there was offset uniformly to the best focus of Rhine - which searched for the result of the above measurement by the approach that the best focus of a pattern 1 is the same, as compared with the case where the die length of Rhine - and - tooth-space pattern is measured, and - tooth-space pattern 3, dispersion in the offset was very small. This expresses that it is practically equal as the result of the best focus using the conventional scanning electron microscope etc., if it asks for a best focus by the measurement approach by this example, and also when it asks for astigmatism, a curvature of field, an image surface inclination, etc. based on the best focus for which it asked by the measurement approach by this example, the result means that an error is very small.

[0018] Drawing 2 is drawing showing the configuration of the pattern which is the candidate for measurement of the image formation location measurement approach by the 2nd example of this invention. For this pattern 4, the die length of a longitudinal direction is L0 like the 1st example shown in drawing 1. It is a pitch P0 about a rhombus pattern. More than one are arranged and only an include angle theta is leaned to the measurement direction of die length. However, the straight line which connects the edge of each pattern 4 of one pattern group is in agreement in the almost perpendicular direction to the longitudinal direction of a pattern 4. In this case, if the cross section of a perpendicular direction is considered to the longitudinal direction of a pattern 4, in every location, it will become the diffraction grating of pitch regularity and number regularity. For this reason, compared with Rhine - and - tooth-space pattern 3 which are shown in drawing 1, the attitude of the diffracted light becomes the same, and the measurement error of the best focus under the effect of the aberration of projection optics is very small. Moreover, also in this example, it is the same as that of the measurement approach by the 1st example.

[0019] Although each pattern by the 1st and 2nd above-mentioned example shall be imprinted on a sensitization substrate by one exposure, the thing of a configuration of exposing in 2 steps so that it may state below is sufficient as it. Drawing 3 is drawing showing the modification of the configuration of the pattern which is the candidate for measurement of the image formation location measuring method by the 1st example of this invention. Although configurations, such as the die length and width of face of the pattern 7 shown in drawing 3 (C), and a pitch, and arrangement were completely the same as the pattern 1 shown in drawing 1, when they imprinted a pattern on a sensitization substrate, they made the rectangle-like patterns 5 and 6 cross, and it was presupposed that it divides into 2 times and they are exposed. That is, as the pattern 5 first shown in drawing 3 (A) is continuously exposed and shown in drawing 3 (B) on a sensitization substrate, a pattern 6 is exposed in piles to a pattern 5. Then, if the development of the sensitization substrate is carried out, the pattern 7 shown in drawing 3 (C) can be obtained. Moreover, the measurement approach of the die length of a pattern image is completely the same as that of the 1st above-mentioned example. In addition, it cannot be overemphasized that a pattern as shown in drawing 2 can also be imprinted by the above-mentioned approach.

[0020] The pattern 1 of the 1st above-mentioned example has the perpendicular direction of the straight line which connects the tip of the longitudinal direction of each pattern to the measurement direction of die length. That is, since the pattern 1 is arranged in the predetermined pitch also in which location of a cross section perpendicular to the measurement direction, it is easy to come out of a signal in case die length is measured. On the other hand, in case the pattern 4 of the 2nd example

makes an image on a wafer, it has the description of being hard to be influenced of the spherical aberration of projection optics. If it forms in 2 steps like the pattern 7 shown especially in drawing 3, since it will be composition with the pattern for circuit formation, the isomorphism-like pattern 5, and a pattern 6, the effect of spherical aberration is the same and it becomes unnecessary to take into consideration.

[0021] Although the die length of a pattern was measured in the above example using the alignment system which scans a light beam on a pattern, you may make it measure the die length of a pattern by not being limited to this, for example, processing the picture signal from image sensors, such as ITV. Moreover, the pattern image on a resist may be a latent image. In addition, a pattern image is recorded on a magneto-optic-recording medium, the image is observed by the observation system containing a polarization microscope etc., an image processing etc. is performed, the die length of an image may be measured, or a pattern image may be projected on image sensors, such as CCD, and the die length of an image may be measured by the pixel.

[0022]

[Effect of the Invention] Since a best focus is measurable about the pattern of the direction of arbitration as mentioned above according to this invention, also in case exposure using the reticle which has the pattern of the direction of slant to the measurement direction of the die length of a pattern is performed, a best focus can be measured easily. Moreover, it is convenient, although each best focus of the image of the sagittal direction of projection optics and the image of the meridional direction can measure with a sufficient precision and measures a curvature of field and astigmatism.

[Translation done.]

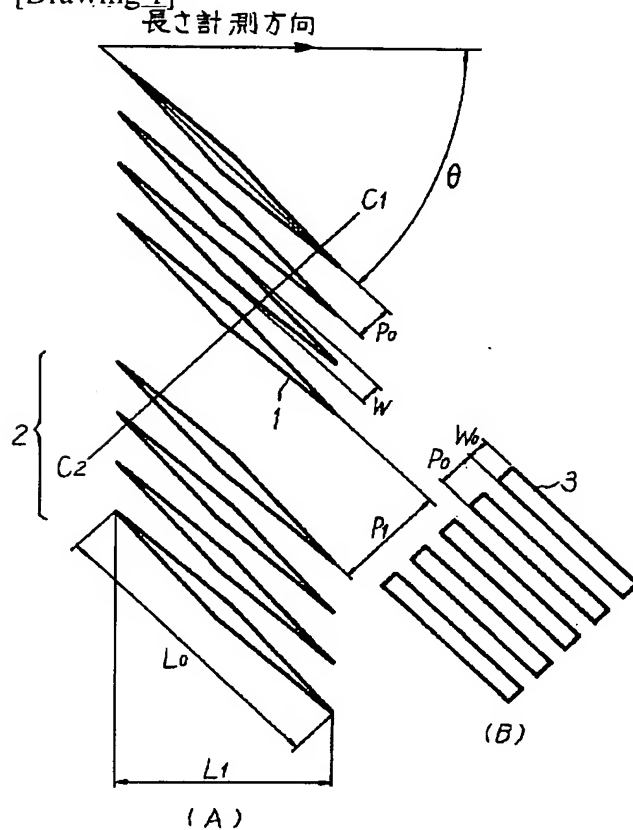
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

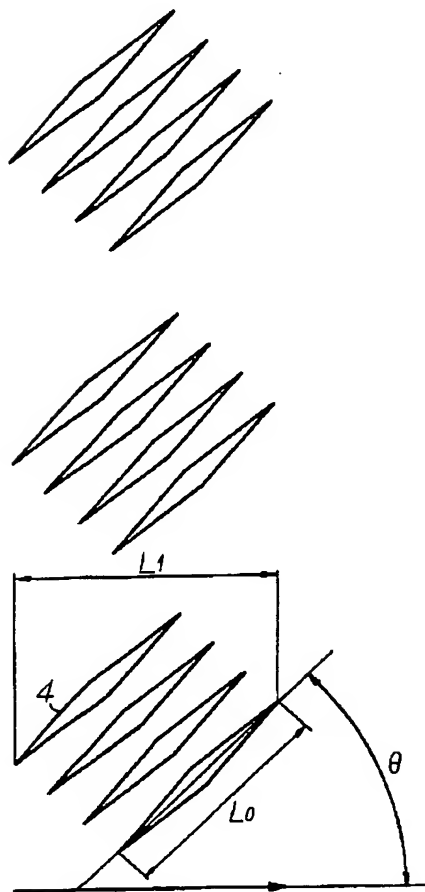
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

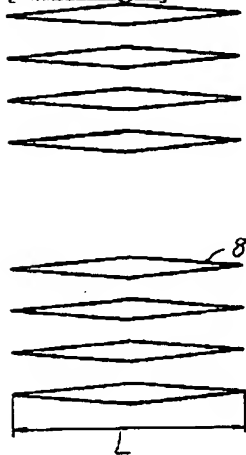
[Drawing 1]



[Drawing 2]

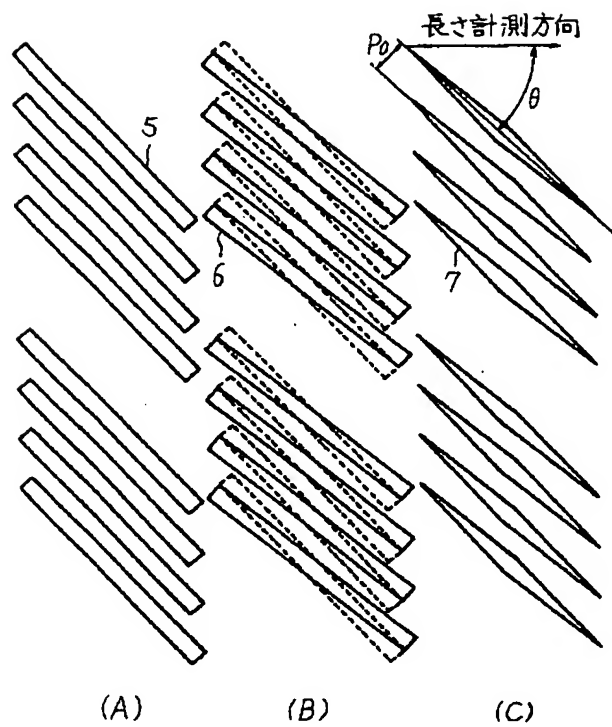


[Drawing 4]

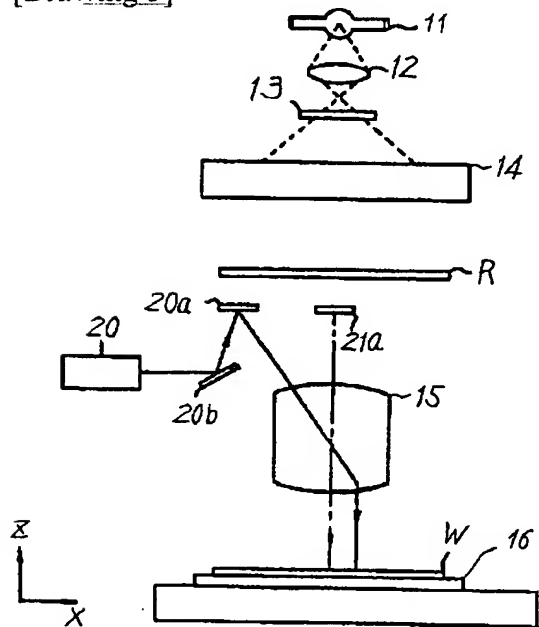


→
長さ計測方向

[Drawing 3]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-62882

(43)公開日 平成5年(1993)3月12日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | FI | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-------|---------|----------------|---------|
| H 0 1 L 21/027 | | | | |
| G 0 3 F 7/20 | 5 2 1 | 7818-2H | | |
| 7/207 | H | 7818-2H | | |
| | | 7352-4M | | |
| | | | H 0 1 L 21/ 30 | 3 1 1 N |

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-221524

(22)出願日 平成3年(1991)9月2日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 蛭川 茂

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(72)発明者 立野 博貴

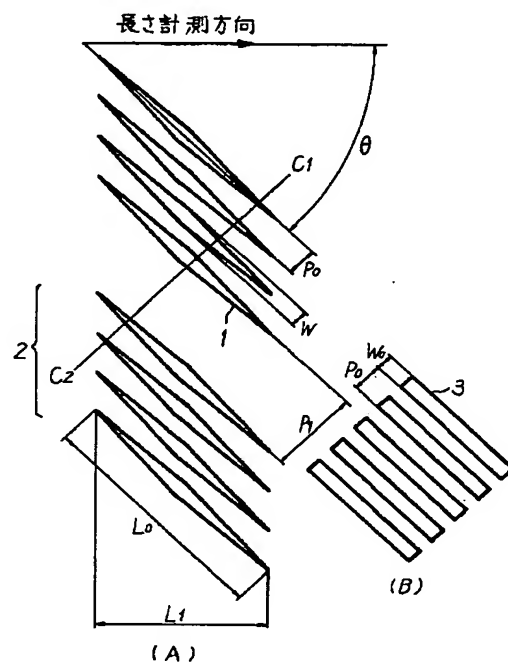
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】 結像位置測定方法

(57)【要約】

【目的】 あらゆる方向に伸びたパターンについてのベストフォーカスの計測を可能とするとともに、このベストフォーカスに基づいて投影光学系の像面湾曲や非点収差量等の収差の計測を可能とする。

【構成】 基板上的のパターンの長さを計測することによってパターンのベストフォーカスを求める場合に、パターン1の長手方向を長さの計測方向に対して所定の角度 θ だけ傾斜させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスク上に形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に転写露光し、転写された前記パターンの像の長さに基づいて、前記投影光学系の像面内の少なくとも 1 点の焦点位置を求める焦点位置測定方法において、

前記パターンは、連続的もしくは段階的に線幅が変化する直線状のものであって、且つ前記パターンの長手方向は、前記長さを計測する方向に対して所定の角度だけ傾斜していることを特徴とする焦点位置測定方法。

【請求項 2】 前記パターンは前記長手方向と直交する方向に所定のピッチをもって複数個配置され、該ピッチは、前記感光基板上に転写すべき本来のパターンのピッチとほぼ一致していることを特徴とする請求項 1 に記載の焦点位置測定方法。

【請求項 3】 前記パターンの傾斜する前記角度は、前記最良結像面を計測すべきパターンの方向に応じたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の焦点位置測定方法。

【請求項 4】 前記パターンは、前記投影光学系の投影領域内の該光学系の光軸が通過する点を原点として、該原点から前記パターンの存在する領域への放射方向に対して平行、及び垂直に配置されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の焦点位置測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影光学系の最良結像位置の計測に関するものであり、特に半導体素子等の製造のためのリソグラフィ工程に用いられる投影型露光装置の精度を検査するためのものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、最良結像位置（ベストフォーカス）の計測には、投影光学系の光軸方向の複数の位置において（フォーカス位置を変えて）感光基板上に所定の形状のパターンを投影露光し、この感光基板上に形成されたパターン像の大きさ、例えば直線状パターンの線幅を走査型電子顕微鏡等を用いて計測する方法があった。これは、所定のピッチで配列された 1:1 のライン・アンド・スペースパターンを基板上に転写し、複数のフォーカス位置における転写像の線幅を計測する。そしてその結果からフォーカス変化による線幅変化の割合を演算する。そして、その前後で線幅変化が最も小さいフォーカス位置をベストフォーカスとして求めていた。

【0003】 また、複数種類の線幅をもったライン・アンド・スペースパターンの設けられたフォトマスクを用いてフォーカス位置を変化させながら感光基板上にパターン像を形成し、最も微細なパターンまで解像しているフォーカス位置を光学顕微鏡等を用いて観察し、その位置をベストフォーカスとしていた。さらに、特開平 1-187817 号公報等に開示されたような方法もある。

これは、フォーカス位置を変えて図 4 に示すような形状のパターン像 8 を感光基板上に形成し、光ビームをパターン上で走査してパターンからの回折光を検出する構成のアライメント系を用いてこのパターン像の長さ L を計測する。そしてこの長さ L が最も長くなるフォーカス位置をベストフォーカスとして求めるというものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の走査型電子顕微鏡を用いて線幅を測定する方法は、あらゆる方向のパターン線幅を高精度に計測することができるが、装置を排気する必要があるため計測に時間がかかるという問題があった。また光学顕微鏡を用いる方法は、あらゆる方向のパターン像について解像しているか否かを観察することが可能であるが、やはり時間が長くなる上、作業者による個人差が発生しやすいという問題点があった。

【0005】 特開平 1-187817 号公報等に開示された方法においては、パターン像の長さの計測方向と平行な方向にその長手方向が配置されたパターン像のベストフォーカスは計測可能であり、その結果は長さを計測したパターン像とほぼ平行に、ほぼ同じ線幅及びピッチで設けられたライン・アンド・スペースパターンの像のベストフォーカスとよく対応がとれている。上記の方法においては、長さの計測手段の例としてアライメント光学系を流用しているの、パターン像の長さの計測方向は、アライメント光学系の計測方向となる。つまり、結像面内において投影光学系の光軸が通過する点を原点として X 軸、Y 軸の各座標軸を設定したとき、アライメント光学系の光ビームの走査方向が X、及び Y 方向であれば、パターンの計測方向も X、及び Y 方向である。

【0006】 いまここで、例えばパターン像の長さを計測してそのパターンのベストフォーカスを求め、その結果から投影光学系の像面湾曲や非点収差量を計測しようとした場合、投影光学系のサジタル方向の像（S 像）のベストフォーカスとメリジオナル方向の像（M 像）のベストフォーカスとの差を求める必要がある。この場合、上記の各座標軸のほぼ軸上の領域に存在するパターン像は、その S 像、及び M 像の長手方向がいずれも計測方向と一致するので収差量の計測には好都合であった。しかしながら、例えば露光領域内の 4 隅において、その長手方向が計測方向と一致したパターン像の長さを計測したとしても、これらのパターン像は投影光学系のサジタル方向、及びメリジオナル方向に対していずれも 45° 傾斜したものである。つまり、計測されるベストフォーカスは S 像、M 像の平均的なものとなり、2 つのベストフォーカスの間に差は生じず非点収差量の計測は不可能であった。

【0007】 また、フォトマスク内に長さの計測方向に対して傾斜したパターンが存在する場合、このパターン像のベストフォーカスは、従来のパターン像を計測することによっては計測できなかった。本発明は、あらゆ

10

20

30

40

50

3

る方向に伸びた直線状パターンの像についてのベストフォーカスの計測を可能とするとともに、パターン像のベストフォーカスから投影光学系の像面湾曲や非点収差量等の収差の計測を可能とすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】マスク(R)上に形成されたパターンの像(1, 4, 7)を投影光学系(15)を介して感光基板(W)上に転写露光し、転写されたパターンの像(1, 4, 7)の長さに基づいて、投影光学系(15)の像面内の少なくとも1点の焦点位置を求める焦点位置測定方法において、パターン(1, 4, 7)は、連続的もしくは段階的に線幅が変化する直線状のものであって、且つパターン(1, 4, 7)の長手方向は、長さを計測する方向に対して所定の角度だけ傾斜していることとした。

【0009】

【作用】本発明ではパターン像の長さの計測に使用するアライメント系の計測方向に対して、計測対象であるパターン像の長手方向を所定の角度に傾けるので、任意の方向のパターン像のベストフォーカスを計測することができる。特に、投影光学系のS像、M像に見合った方向に計測用のパターンを配置すれば、S像、M像のベストフォーカスを計測することが可能となる。

【0010】

【実施例】図5は本発明の第1の実施例による方法を適用するのに好適な露光装置の概略的な構成を示す図である。光源11はレジストを感光するような波長(露光波長)の照明光を発生し、この照明光は第1コンデンサーレンズ12を通った後、シャッター13を通して第2コンデンサーレンズ14に至る。この第2コンデンサーレンズ14によってフォトマスク(レチクル)Rは均一に照明される。両側若しくは片側テレセントリックな投影光学系15は、レチクルRに描かれたパターンの像を1/5、或いは1/10に縮小し、その像をレジストの塗布された感光基板(ウェハ)W上に投影する。ウェハWはZステージ16上に載置され、投影光学系15の光軸方向に移動可能となっている。

【0011】さて、この露光装置は、レチクルRとウェハWとの位置合わせ(アライメント)を行うための装置として種々のアライメント光学系を有している。その1つとしてTTL(スルー・ザ・レンズ)方式のレーザ・ステップ・アライメント系20がある。このアライメント系20は、ミラー20a、20b及び投影光学系15を介し、スポット光(シートビーム)をウェハW上に形成されたアライメント用のパターン(回折格子パターン)に照射して、このパターンからの回折光(又は散乱光)を受光して光電検出する。この光電信号と不図示の位置検出装置からのウェハWの位置信号とに基づいて、ウェハW上のアライメント用のパターンのY方向の位置を検出する。尚、アライメント系20はウェハWのY方

4

向の位置のみを検出するためのもので、実際にはX方向の位置を検出するためのアライメント系も同様に配置されている。図5にはY方向検出用のミラー20aに対応したX方向検出用のアライメント系21のミラー21aのみを示してある。本発明の実施例では、連続的もしくは段階的に線幅が変化する直線状のパターンを複数のフォーカス位置をもってウェハ上に転写し、上記のアライメント光学系を利用してパターンからの回折光を検出する。そしてその回折光による光電信号からパターンの長さを求め、パターンの長さが最も長くなるフォーカス位置を投影光学系のベストフォーカスとする。

【0012】図1は本発明の第1の実施例による結像位置測定方法の計測対象であるパターンの構成を示す図である。レチクル上には、長手方向の長さがLであり、幅方向の長さがWである菱形のパターン1が幅方向にピッチPで複数配置されており、これら複数のパターン1から成るパターン群2は同じく幅方向に互いに間隔Pをもって配置されている。さらにこれらパターン群2中の各パターン1は、そのパターンの長手方向が矢印で示すパターンの長さを計測する方向に対して角度 θ だけ傾斜しており、各パターン1のエッジを結ぶ直線は、長さの計測方向と垂直な方向にほぼ一致している。このレチクル上には、線幅W₀の1:1ライン・アンド・スペースパターン3がピッチPで、且つパターン1と同様に長さの計測方向に対して角度 θ だけ傾斜してパターン群2の近傍に配置してある。但し、このパターン3は、従来の測定方法である走査型電子顕微鏡等を用いたベストフォーカスの計測に使用するものであり、本発明の構成となるものではない。また、パターン群2同志の間隔P₁はP₀の整数倍とした。

【0013】ここで、パターンを傾斜させる角度 θ について若干説明する。パターンを傾斜させる角度は、投影光学系の最大露光領域内の任意の位置で、ベストフォーカスを計測したい方向に応じて任意に決定すればよい。しかし、投影光学系の非点収差を計測する場合には以下の要領で決定する。計測すべきパターンの長手方向は、投影光学系の最大露光領域内で投影光学系の光軸が通る位置を中心として、その中心からパターンの配置される位置への放射方向(サジタル方向)と、その放射方向に垂直な方向(メリジオナル方向)にほぼ一致するように配置する。即ち、ベストフォーカスを計測したい任意の位置におけるパターンは、投影光学系のS像とM像である。収差量はこのS像とM像とのベストフォーカス位置の差を求めればよい。つまりこの場合のパターンの傾斜角度 θ は、パターンの長手方向が光軸からの放射方向に対して平行、及び垂直となるような角度とすればよい。

【0014】本発明の場合、ライン・アンド・スペースパターン3のピッチとくさびパターンのピッチとを等しくしてあるので、回折光の発生する方向(回折角)はいずれのパターンからの場合も等しくなる。よって投影光

50

光学系に収差等が残存している場合にも、収差によるベストフォーカスの変化の影響がいずれのパターンにおいてもほぼ等しくなり、収差による計測誤差が小さくなるという利点がある。さらに、パターン1の長さ L_1 を長くすることにより、図1に断面 C_1 、 C_2 で示すような、パターン1の長手方向に対して垂直な方向のパターンの数が増加し、この数がライン・アンド・スペースパターン3の数とほぼ同数であれば、回折光の出方（回折角、光量比）がパターン3に近づく効果がある。

【0015】上記のようなパターン群2を、シリコン基板上にポジレジストを塗布したウェハ上にフォーカス位置を変えながら露光し、現像処理する。その後、特開平1-187817号公報等に示すような方法で各フォーカス位置のパターン1の計測方向の長さ L_1 を計り、パターンの長さ L_1 が最大となるフォーカス位置を近似により求め、そのフォーカス位置をベストフォーカスとする。

【0016】ところで、各フォーカス位置で露光したパターン像の長さを計測する際に、ベストフォーカスからのずれ量が大きすぎるものについては、パターン像が消失していることがある。このような場合は計測エラーとして、そのフォーカス位置でのパターン像の長さに関する情報は無いものとすればよい。しかし、基板上にレジストの残渣がある場合には、計測系がそれに合わせて信号を増幅し、本来のレチクル上のパターンの長さから決まるウェハ上のパターン像の長さよりも長い値で計測されてしまう場合がある。これを防ぐために、ウェハ上のパターン像の長さがレチクル上のパターンの長さから決まる所定の値を越えた場合には、その計測結果を無効と判断すればよい。このとき、図4に示すようなパターン8の計測方向の長さ L_1 と、図1に示すような傾斜したパターン1の計測方向の長さ L_1 とが等しくなるようにしておく、パターンの長さの最大値を揃えることができて便利である。

【0017】以上の計測の結果をライン・アンド・スペースパターンの長さを計測した場合と比較してみると、パターン1のベストフォーカスは、同様の方法によって求めたライン・アンド・スペースパターン3のベストフォーカスに対して一様にオフセットがあったが、そのオフセットのばらつきは極めて小さいものであった。これは、本実施例による計測方法によってベストフォーカスを求めれば、従来の走査型電子顕微鏡等を用いたベストフォーカスの結果と大差ないことを表し、本実施例による計測方法によって求めたベストフォーカスに基づいて非点収差、像面湾曲、像面傾斜等を求めた場合にも、その結果は誤差が極めて小さいことを意味する。

【0018】図2は本発明の第2の実施例による結像位置計測方法の計測対象であるパターンの構成を示す図である。このパターン4は、図1に示す第1の実施例と同様、長手方向の長さが L_1 の菱形パターンをピッチ P

で複数配置し、長さの計測方向に対して角度 θ だけ傾けたものである。但し、1つのパターン群の各パターン4のエッジを結ぶ直線は、パターン4の長手方向に対してほぼ垂直な方向に一致している。この場合、パターン4の長手方向に対して垂直な方向の断面を考えると、どの位置においてもピッチ一定、本数一定の回折格子となる。このため、図1に示すライン・アンド・スペースパターン3と比べて回折光の出方が同じようになり、投影光学系の収差の影響によるベストフォーカスの計測誤差は極めて小さい。また、本実施例の場合も、ベストフォーカスの計測方法は、第1の実施例による計測方法と全く同様である。

【0019】上記の第1、第2の実施例によるパターンは、いずれも1回の露光で感光基板上に転写されるものとしたが、以下に述べるように2回に分けて露光する構成のものでも構わない。図3は本発明の第1の実施例による結像位置測定方法の計測対象であるパターンの構成の変形例を示す図である。図3(C)に示すパターン7の長さや幅、ピッチ等の形状や配置は、図1に示すパターン1と全く同じであるが、パターンを感光基板上に転写する際に矩形状のパターン5、6を交差させて2度に分けて露光することとした。即ち、最初に図3(A)に示すパターン5を感光基板上に露光し、続いて図3

(B)に示すようにパターン5にパターン6を重ねて露光する。その後、感光基板を現像処理すると図3(C)に示すパターン7を得ることができる。また、パターン像の長さの計測方法も、前述の第1の実施例と全く同様である。尚、図2に示すようなパターンも上記の方法で転写できることは言うまでもない。

【0020】上記の第1の実施例のパターン1は、各パターンの長手方向の先端を結ぶ直線の方向が長さの計測方向に対して垂直となっている。つまり、パターン1は計測方向に垂直な断面のいずれの位置においても所定のピッチで配列しているの、長さを計測する際に信号が出やすい。一方、第2の実施例のパターン4は、ウェハ上に像を作る際に投影光学系の球面収差の影響を受けにくいといった特徴がある。特に図3に示すパターン7のように2回に分けて形成すれば、回路形成用のパターンと同形状のパターン5とパターン6との合成であるので、球面収差の影響が同様であり、考慮する必要はなくなる。

【0021】以上の実施例では、光ビームをパターン上で走査するアライメント系を利用してパターンの長さを計測したが、これに限定されることはなく、例えばITV等のイメージセンサーからの画像信号を処理することによってパターンの長さを計測するようにしても構わない。また、レジスト上のパターン像は潜像であってもよい。その他、光磁気記録媒体にパターン像を記録し、偏光顕微鏡等を含んだ観察系でその像を観察し、画像処理等を行って像の長さを計測したり、パターン像をCCD

等の撮像素子上に投影してその画素によって像の長さを計測したりしても構わない。

【0022】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、任意の方向のパターンについてベストフォーカスを計測できるので、パターンの長さの計測方向に対して斜め方向のパターンを有するレチクルを用いた露光を行う際にも容易にベストフォーカスを計測することができる。また、投影光学系のサジタル方向の像、及びメリジオナル方向の像の各ベストフォーカスが精度よく計測でき、像面湾曲や非点収差を計測するのに好都合である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による結像位置測定方法の計測対象であるパターンの構成を示す図

【図2】本発明の第2の実施例による結像位置測定方法の計測対象であるパターンの構成を示す図

*

* 【図3】本発明の第1の実施例による結像位置測定方法の計測対象であるパターンの構成の変形例を示す図

【図4】従来の測定方法におけるパターンと測定方向を示す図

【図5】本発明の実施例を適用するのに好適な露光装置の概略的な構成を示す図

【符号の説明】

W₀ ライン・アンド・スペースパターンの幅

W パターンの幅

P₀ パターンのピッチ

P₁ パターン群の間隔

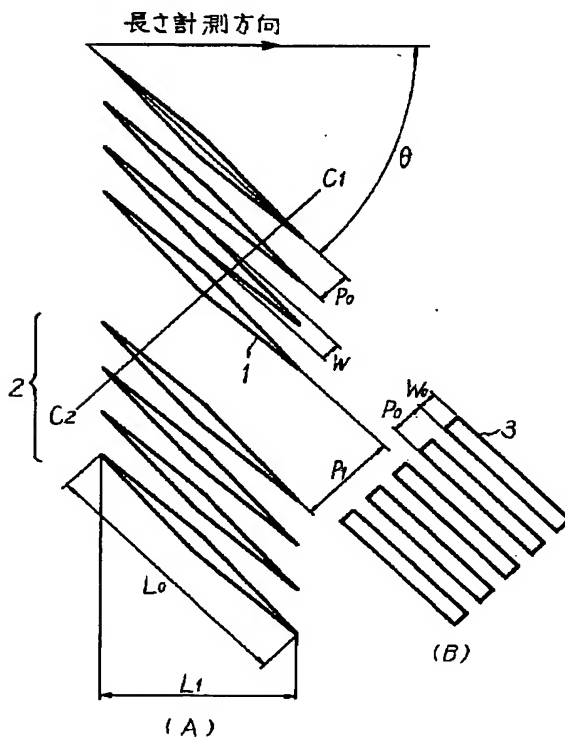
θ 長さの計測方向とパターンの長手方向との角度

L₀ パターンの長手方向の長さ

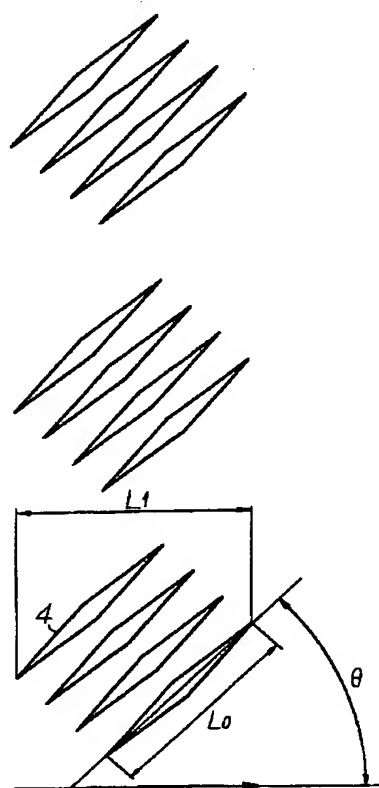
L₁ パターンの長さとして計測される長さ

L 従来の計測方法に使用されるパターンの長さ

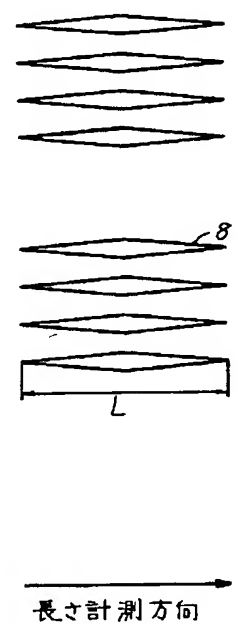
【図1】



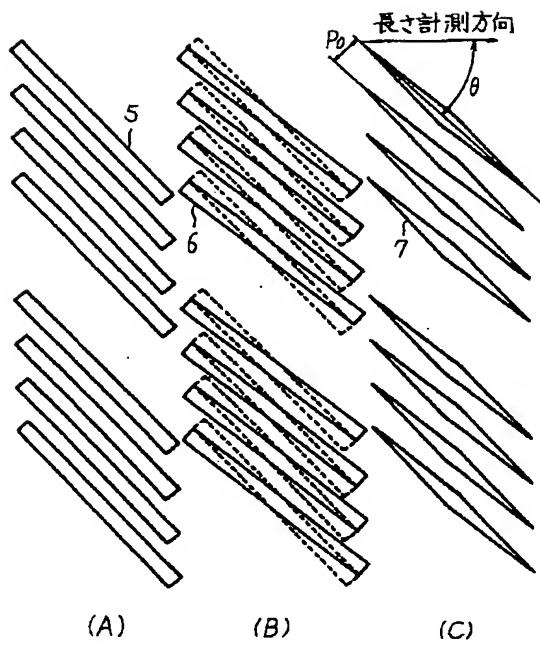
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

